

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/001339

International filing date: 10 February 2005 (10.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10 2004 007 039.3
Filing date: 12 February 2004 (12.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 19 April 2005 (19.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLANDEPO - Munich
83
07. April 2005**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

10 2004 007 039.3

Anmeldetag:

12. Februar 2004

Anmelder/Inhaber:

DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart/DE

Bezeichnung:Vorrichtung und Verfahren zur Ermittlung des Bela-
dungszustands eines Partikelfilters**IPC:**

F 01 N 3/023

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. März 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Schmidt G.

DaimlerChrysler AG

Boegner

05.02.2004

Vorrichtung und Verfahren zur Ermittlung des
Beladungszustands eines Partikelfilters

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Ermittlung des Beladungszustands eines als zylindrischer Formkörper ausgebildeten Partikelfilters zur Reinigung von Brennkraftmaschinenabgas mit einer Messanordnung, umfassend ein Elektrodenpaar mit einer ersten Elektrode und einer zweiten Elektrode und zum anderen ein Verfahren zur Ermittlung des Beladungszustands eines Partikelfilters mittels einer Messanordnung, welche eine erste Elektrode und eine zweite Elektrode umfasst.

Aus der Offenlegungsschrift DE 100 33 160 A1 ist es bekannt, einen Partikelfilter zur Verminderung der Partikelemission einer Brennkraftmaschine einzusetzen. Beim Betrieb der Brennkraftmaschine erfolgt eine zeitlich zunehmende Beladung des Partikelfilters mit Ruß- und/oder Ascheteilchen. Um ein Verstopfen des Partikelfilters zu verhindern, wird der angesammelte Ruß von Zeit zu Zeit durch Erhöhen der Abgastemperatur über die Rußabbrandtemperatur hinaus abgebrannt. Zur Feststellung der Notwendigkeit einer Partikelfilterregeneration wird die Beladung des Partikelfilters überwacht. Die Regeneration wird ausgelöst, wenn der durch die Rußbeladung verursachte Gegendruck des Partikelfilters unzulässig angestiegen ist. Hierzu wird das Signal eines Differenzdrucksensors ausgewertet. Bei Erreichen eines oberen Grenzwertes für die Beladung wird eine Regeneration des Partikelfilters

gestartet, bei welcher der auf oder in dem Partikelfilter angesammelte Ruß abgebrannt wird.

Die Ermittlung der Partikelfilterbeladung auf der Basis eines Differenzdrucksensors ist allerdings auf Grund schwankender Durchsatzverhältnisse und Partikelfiltertemperaturen mit Ungenauigkeiten behaftet. Es besteht daher die Möglichkeit, dass die Regeneration des Partikelfilters verspätet gestartet wird, was zu Störungen des Fahrbetriebs und zu einer Schädigung des Partikelfilters führen kann. Dagegen führen vorfrühe Regenerationen zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch.

Aus der Patentschrift US 4,656,832 ist es bekannt, zur Ermittlung der Rußbeladung eines Partikelfilters eine Elektrodenanordnung auf einem flächigen, nichtleitenden Substrat aufzubringen und die Gesamtanordnung in den Abgasweg, gegebenenfalls auch ins Innere eines Partikelfilters einzubringen. Auf dem Substrat abgelagerte Rußpartikel vermindern den zwischen den Elektroden messbaren elektrischen Widerstand, woraus die Rußpartikelablagerung auf dem Substrat ermittelt und daraus der Zeitpunkt für eine Partikelfilterregeneration abgeleitet wird.

Die Erfassung der Rußbeladung auf einem flächigen Referenzbereich ermöglicht es jedoch ebenfalls nicht, die Detektierung des Beladungszustandes des Partikelfilters mit der gewünschten Genauigkeit vorzunehmen und den Partikelfilter optimal zu betreiben.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung und ein Verfahren anzugeben, welche eine zuverlässigere Ermittlung des Beladungszustands eines Partikelfilters und damit einen verbesserten Betrieb des Partikelfilters ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst.

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass eine Messanordnung vorgesehen ist, die ein Elektrodenpaar mit einer ersten Elektrode und einer zweiten Elektrode umfasst. Die Elektroden des Elektrodenpaars sind dabei so angeordnet, dass zwischen ihnen wenigstens ein Teilvolumenbereich des Partikelfilters liegt und von der Messanordnung die zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode wirksame elektrische Impedanz oder eine damit verknüpfte Kenngröße erfassbar ist. Als mit der vorzugsweise als komplex anzusehenden Impedanz verknüpfte Kenngröße kommen in erster Linie der Betrag der Impedanz sowie ihr Realteil und Imaginärteil sowie ihr Phasenwinkel in Betracht.

Da die Impedanz von der Dielektrizitätszahl der im maßgeblichen Teilvolumenbereich vorhandenen Materie abhängig ist und Ruß als elektrisch leitfähiges Material eine um ein Vielfaches höhere Dielektrizitätszahl als ein Isolator aufweist, wird die zwischen den Elektroden wirksame Impedanz von dort vorhandenem Ruß stark beeinflusst. Somit kann insbesondere bei einem aus elektrisch isolierendem Material wie Keramik ausgebildeten Partikelfilterkörper über die Erfassung der zwischen den Elektroden des Elektrodenpaars wirksamen Impedanz der Beladungszustand bzw. die Rußbeladung des Partikelfilters zuverlässig ermittelt werden. Dadurch können sowohl unnötige als auch verspätete Regenerationen sicher vermieden werden. Unter der Beladung des Partikelfilterkörpers wird dabei die volumenbezogene Ablagerung fester Bestandteile wie Ruß oder Asche in seinem Inneren verstanden. Vorzugsweise wird die Beladung in Gramm je Liter Filtervolumen angegeben. Als Partikelfilter kommen hauptsächlich poröse Formkörper oder mit Kanälen mit porösen Wänden durchzogene monolithische Formkörper oder aus solchen Teilen zusammengesetzte Formkörper in Betracht.

In Ausgestaltung der Erfindung sind die erste Elektrode und die zweite Elektrode flächig ausgebildet und als Platten eines Plattenkondensators einander gegenüberliegend

angeordnet. Zur Erfassung des Beladungszustands, insbesondere der Rußbeladung des Partikelfilters wird vorzugsweise die elektrische Kapazität der Anordnung aus Kondensatorplatten und dazwischen liegendem Partikelfiltervolumen ausgewertet. Diese ist abhängig von Art und Menge des dort vorhandenen Materials. Durch die erfindungsgemäße Messanordnung bildet der Partikelfilter selbst einen mit Elektroden versehenen Sensor zur Erfassung des Beladungszustands des Partikelfilters. Durch die Messanordnung kann zumindest die Rußbeladung im zwischen den Elektroden liegenden Partikelfiltervolumenbereich aus der Kapazität ermittelt werden.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung sind die erste Elektrode und/oder die zweite Elektrode auf der äußeren Oberfläche des Partikelfilters oder mit geringem Abstand zur äußeren Oberfläche des Partikelfilters angeordnet. Je nach Form des Partikelfilters können die Elektroden eine gekrümmte Fläche aufweisen, um beispielsweise der Oberflächenkontur eines runden oder ovalen Partikelfilters folgen zu können. Vorzugsweise sind die Elektroden einander diametral gegenüberliegend angeordnet und auf der äußeren Oberfläche des Partikelfilters direkt aufgebracht.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Messanordnung wenigstens zwei Elektrodenpaare. Somit kann die Beladung des Partikelfilters mit Ruß und/oder Asche in wenigstens zwei vorzugsweise unterschiedlichen Volumenteilbereichen des Partikelfilters und damit orts aufgelöst ermittelt werden. Dies ermöglicht eine genaue Bewertung des Beladungszustandes und somit die Bestimmung eines optimalen Zeitpunkts zur Auslösung einer Partikelfilterregeneration durch Rußabbbrand. Dadurch können sowohl unnötige als auch verspätete Regenerationen sicher vermieden werden.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist das erste Elektrodenpaar in Abgasströmung versetzt zum zweiten Elektrodenpaar angeordnet. Dies ermöglicht eine in axialer Richtung

aufgelöste Bestimmung der Rußbeladung des Partikelfilters. Da die Beladung des Partikelfilters im wesentlichen eine Abhängigkeit von der Abgasströmungsrichtung besitzt, d.h. einen axialen Gradienten aufweist, kann somit der axiale Verlauf der Beladung im Partikelfilter ermittelt werden. Dies ermöglicht eine besonders genaue Ermittlung des Beladungszustands des Partikelfilters. Der Volumenbereich, in welchem jeweils die Rußbeladung erfasst wird, ergibt sich durch die Geometrie der Elektroden des Elektrodenpaars, d.h. durch die Fläche der jeweiligen Elektroden sowie durch deren Abstand, d.h. den Durchmesser bzw. die Querabmessungen des Partikelfilters an der jeweiligen Stelle.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Ermittlung des Beladungszustands eines als Formkörper ausgebildeten Partikelfilters, welchem eine Messanordnung zugeordnet ist, die eine erste Elektrode und eine zweite Elektrode umfasst, ist dadurch gekennzeichnet, dass von der Messanordnung die zwischen der ersten Elektrode und der zweiten Elektrode wirksame elektrische Impedanz oder eine damit verknüpfte elektrische Kenngröße erfasst wird und aus der Impedanz oder der Kenngröße eine Rußbeladung des Partikelfilters ermittelt wird. Vorzugsweise erfolgt dies anhand einer vorab ermittelten Kennlinie für die Abhängigkeit des Messsignals von der Rußbeladung des zwischen den Elektroden angeordneten Partikelfiltervolumenbereichs. Dabei können Sekundäreinflüsse wie beispielsweise Temperaturabhängigkeiten in Form von Kennfeldern berücksichtigt werden.

In Ausgestaltung des Verfahrens sind die erste Elektrode und/oder die zweite Elektrode auf der äußeren Oberfläche des Partikelfilters oder mit geringem Abstand zur äußeren Oberfläche des Partikelfilters angeordnet und es wird die elektrische Kapazität der aus erster Elektrode, zweiter Elektrode und zwischen den Elektroden angeordnetem Partikelfiltervolumenbereich gebildeten Anordnung ermittelt und aus der Kapazität die Rußbeladung des Partikelfilters

ermittelt. Somit wird die Rußbeladung zumindest in einem Ausschnitt eines etwa scheibenförmigen Volumenteilbereichs eines zylindrischen Partikelfilters ermittelt. Die Gestalt des von der Impedanzmessung erfassten Volumenteilbereichs wird dabei im wesentlichen von der Geometrie der Elektroden bestimmt.

In Ausgestaltung des Verfahrens wird die Regeneration des Partikelfilters ausgelöst, wenn die ermittelte Rußbeladung einen vorgebbaren oberen Grenzwert überschritten hat.

Die erfindungsgemäße Vorgehensweise ermöglicht die Ermittlung der Partikelfilterbeladung in einem volumenmäßig ausgedehnten Teilbereich des Partikelfilterkörpers und somit einerseits eine differenzierte Bewertung des Beladungszustandes. Andererseits kann ein maßgebender Teil des Partikelfilters erfasst werden. Dies ermöglicht die Bestimmung eines optimalen Zeitpunkts zur Auslösung einer Partikelfilterregeneration durch Rußabbrand. Dadurch können sowohl unnötige als auch verspätete Regenerationen sicher vermieden werden. Der für die Auslösung der Regeneration maßgebende Grenzwert für die Rußbeladung kann hierbei abhängig vom Anbringungsort der Elektroden, der vorhandenen Aschebeladung, von der maximal tolerierbaren Wärmefreisetzung beim Rußabbrand während der Regeneration oder abhängig von anderen, gegebenenfalls motorischen Betriebsgrößen festlegbar sein.

Vorzugsweise wird die Rußbeladung des Partikelfilters durch zwei oder mehrere Elektrodenpaare ermittelt, welche in Strömungsrichtung und/oder azimuthal versetzt zueinander angeordnet sind. Dadurch kann die Rußbeladung von zwei oder mehreren, sich gegebenenfalls überlappenden Querschnittsbereichen des Partikelfilters ermittelt werden, und die Regeneration des Partikelfilters wird ausgelöst, wenn die Rußbeladung in wenigstens einem der erfassten Volumenteilbereiche des Partikelfilters den vorgebbaren oberen Grenzwert überschritten hat.

In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens wird die Dauer der Regeneration an die Beladung des Partikelfilters vor der Auslösung der Regeneration angepasst. Der verbrauchsintensive Regenerationsbetrieb wird auf diese Weise nur so lange wie nötig aufrechterhalten, was eine besonders kraftstoff-verbrauchssparende Partikelfilterregeneration ermöglicht. Bei mehreren erfassten Volumenteilbereichen ist es insbesondere vorteilhaft, die Dauer der Partikelfilterregeneration an die höchste in einem der jeweiligen Bereiche ermittelte Beladung anzupassen, wodurch unvollständige Partikelfilterregenerationen vermieden werden.

In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens wird die Rußbeladung des Partikelfilters nach erfolgter Regeneration ermittelt und mit einem vorgebbaren Sollwert verglichen und die Dauer einer nachfolgenden Regeneration wird in Abhängigkeit vom Ergebnis des Vergleichs festgelegt. Auf diese Weise kann die Regenerationsdauer optimiert werden. Vorteilhaft ist es auch, die Rußbeladung unmittelbar vor und unmittelbar nach der Regeneration zu ermitteln. Aus der Differenz der Rußbelastungen kann auf diese Weise die Güte der Regeneration ermittelt werden und die Regenerationsdauer nachfolgender Regenerationen im Sinne einer möglichst vollständigen Regeneration festgelegt werden. Vorteilhaft ist, den Erfolg von mehreren Regenerationen auf die beschriebene Weise zu ermitteln, um einen statistisch besser abgesicherten Mittelwert für die festzulegende Regenerationsdauer zu erhalten.

In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens wird die Rußbeladung des Partikelfilters während der Regeneration des Partikelfilters ermittelt und die Regeneration beendet, wenn die Beladung einen vorgebbaren unteren Grenzwert unterschreitet. Insbesondere bei einer an mehreren Stellen vorgenommenen Rußbelastungsermittlung kann somit der Fortschritt der Regeneration besonders genau verfolgt und das Ende der Regeneration zuverlässig festgelegt werden.

In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens wird ein Abgasdruckstromauf des Partikelfilters erfasst und aus dem erfassten Abgasdruck eine mit der Beladung des Partikelfilters korrelierende Größe ermittelt und zur Korrektur oder Überprüfung der von der Messanordnung ermittelten Rußbeladung herangezogen. Durch einen vorzugsweise eingangsseitig des Partikelfilters im Abgasstrang angeordneten Druck- oder Differenzdrucksensor kann die Zuverlässigkeit des von der Messanordnung ermittelten Beladungszustands des Partikelfilters verbessert werden. Weiterhin ist es möglich, eine Plausibilitätsprüfung der ermittelten Beladungen bzw. eine Diagnose oder Kalibrierung der Messanordnung durchzuführen.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Zeichnungen und zugehörigen Beispielen näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine erste schematische Darstellung eines Partikelfilters mit zugehöriger Elektrodenanordnung zur Ermittlung der Partikelfilterbeladung,

Fig. 2 eine zweite schematische Darstellung eines Partikelfilters mit zugehöriger Elektrodenanordnung zur Ermittlung der Partikelfilterbeladung und

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer auf eine Ebene abgewickelten Elektrodenanordnung.

Nachfolgend werden vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung anhand von Beispielen beschrieben. Dabei wird beispielhaft ein Kraftfahrzeug mit einem Dieselmotor und einer Abgasreinigungsanlage, welche einen Partikelfilter umfasst, betrachtet. Es versteht sich, dass neben dem Partikelfilter weitere Abgasreinigungseinheiten, wie beispielsweise ein dem Partikelfilter vorgeschalteter Oxidationskatalysator in der

Abgasreinigungsanlage vorhanden sein können. Als Partikelfilter kommt jeder geeignete Filtertyp in Betracht, nachfolgend wird jedoch ein sogenanntes "Wall-Flow-Filter" mit wechselseitig durch Stopfen verschlossenen, parallel verlaufenden Filterkanälen betrachtet. Das Filter ist vorzugsweise aus einem keramischen Material wie Siliziumkarbid oder Cordierit gebildet und besitzt eine zylindrische Gestalt.

In Fig.1 ist ein solcher Partikelfilter 1 schematisch mit Blick auf die Gaseintrittsseite dargestellt. Der Partikelfilter 1 weist an der Eintrittsseite offene und an der in der dargestellten Ansicht nicht sichtbaren Gasaustrittsseite verschlossene Gaseintrittskanäle 2, sowie an der Eintrittsseite verschlossene, jedoch an der Gasaustrittsseite offene Gasaustrittskanäle 3 auf. Die Kanäle 2, 3 sind durch hier nicht näher dargestellte poröse Kanalwände voneinander getrennt, so dass der Abgasstrom durch diese Kanalwände gezwungen wird, wobei mit dem Abgasstrom mitgetragene Partikel ausgefiltert werden und sich auf den Kanalwänden ablagern. Somit tritt eine allmählich zunehmende Beladung des Partikelfilters 1 mit den ausgefilterten Rußpartikeln bzw. Aschepartikeln ein. Der Partikelfilter 1 ist in einem nicht dargestellten Gehäuse eingebaut und im Gehäuse durch eine den Partikelfilter 1 umgebende Montagematte 4 mechanisch fixiert.

Erfindungsgemäß ist für den Partikelfilter 1 eine Messanordnung mit einer ersten Elektrode 5 und einer zweiten Elektrode 6 vorgesehen, mit welcher die Beladung des Partikelfilters 1 ermittelt werden kann. Dabei sind die Elektroden 5, 6 vorzugsweise flächig ausgebildet und einander gegenüberliegend angeordnet. Dabei können die oder eine der Elektroden 5, 6 im Inneren des Partikelfilters 1 angeordnet sein. Nachfolgend wird ohne Beschränkung der Allgemeinheit lediglich auf vorteilhafte Anordnungen eingegangen, bei welcher die Elektroden 5, 6 auf der äußeren Oberfläche des Partikelfilters 1 oder mit geringem Abstand zur äußeren Oberfläche des Partikelfilters 1 angeordnet sind.

In Fig. 1 ist der Fall dargestellt, dass die Elektroden 5, 6 diametral entgegengesetzt auf der äußeren Oberfläche des Partikelfilters 1 direkt aufliegend angeordnet sind.

Die Messanordnung umfasst weiter einen Generator 8, der über Zuleitungen 7 an die Elektroden 5, 6 angeschlossen ist. Über den Generator 8 werden die Elektroden 5, 6 mit einer vorzugsweise als Wechselspannung ausgebildeten Messspannung versorgt. Die Elektroden 5, 6 bilden auf diese Weise die Platten eines Plattenkondensators, dessen Dielektrikum durch die zwischen den Elektroden 5, 6 befindliche Materie gebildet wird. Es ist vorgesehen, den Generator 8 neben der Spannungs- bzw. Stromversorgung auch zur Auswertung des Messsignals einzusetzen.

Erfindungsgemäß wird die elektrische Kapazität bzw. die komplexe elektrische Impedanz des durch die Elektroden 5, 6 gebildeten Kondensators durch den Generator 8 ermittelt. Die im Volumenteilbereich des Partikelfilters 1 zwischen den Elektroden 5, 6 wirksame elektrische Impedanz ist einerseits von der Fläche der Elektroden 5, 6 und von deren Abstand, d.h. dem Durchmesser des Partikelfilters 1 an der betreffenden Stelle abhängig. Andererseits ist die Impedanz jedoch auch von der Dielektrizitätszahl der zwischen den Elektroden 5, 6 befindlichen Materie abhängig. Auf Grund der vergleichsweise hohen Dielektrizitätszahl von im Partikelfilter 1 abgelagertem Ruß kann die Rußbeladung im von der Impedanzmessung erfassten Volumenbereich mit hoher Genauigkeit gemessen werden. Dabei ist es vorgesehen, die elektrische Impedanz sowohl hinsichtlich ihres Imaginärteils als auch ihres Realteils bzw. nach Betrag und Phase auszuwerten. Nachfolgend wird mit Bezug auf die genannten Messgrößen vereinfachend von einem Messsignal gesprochen. Die Auswertung des Messsignals kann hierbei vom Generator 8 oder von einer separaten, hier nicht dargestellten Messeinrichtung vorgenommen werden.

In diesem Zusammenhang ist es vorteilhaft, die Messfrequenz zur Ermittlung der Impedanz im Sinne eines möglichst großen Messsignals und einer möglichst zuverlässigen Aussage über die Beladung geeignet zu wählen oder gegebenenfalls zu variieren. Vorteilhafterweise wird die Frequenz der Messspannung im Bereich zwischen 1 kHz und etwa 30 MHz eingestellt. Bevorzugt ist ein Frequenzbereich von etwa 1 MHz bis etwa 20 MHz, besonders bevorzugt beträgt die Messfrequenz etwa 10 MHz. Vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang auch, gleichzeitig die Temperatur in dem maßgebenden Partikelfilterbereich oder im Bereich der Elektroden 5, 6 zu erfassen. Somit können Temperaturabhängigkeiten des Impedanzmesswertes korrigiert werden bzw. eine Temperaturkompensation des Messsignals vorgenommen werden.

Die Elektroden 5, 6 können beispielsweise mittels Dick-schichttechnik auf der Oberfläche des Partikelfilters 1 oder auch durch Aufsprühen oder Aufpinseln eines elektrisch leitfähigen Materials aufgebracht sein. Vorteilhaft ist es auch, metallhaltige Folien mit dem Filterkörper beispielsweise durch Versintern in innigen Kontakt zu bringen. Eine Lagefixierung der Elektroden 5, 6 auf dem Filterkörper kann auch durch die im eingebauten Zustand auftretende Presskraft der Montagematte 4 erfolgen.

In Fig. 2 ist eine weitere vorteilhafte Anordnung dargestellt, wobei die in Bezug auf Fig. 1 funktionsgleichen Bestandteile mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind. Im Gegensatz zu der in Fig. 1 dargestellten Anordnung sind die Elektroden 5, 6 gemäß Fig. 2 nicht unmittelbar mit dem Partikelfilter 1 in Berührung, sondern in geringem Abstand zur Oberfläche des Partikelfilters 1 angeordnet. Beispielsweise aufgrund der geringeren thermischen Belastung kann es vorteilhaft sein, die Elektroden 5, 6 im Außenbereich der Montagematte 4 anzuordnen, oder in die Montagematte 4 einzubetten. Je nach Dicke der Montagematte 4, sind die Elektroden 5, 6 typischerweise in einem Abstand im Millimeterbereich zur

Oberfläche des Partikelfilterkörpers angeordnet. Für diese Anordnung ist es vorteilhaft, die Elektroden 5, 6 in Folienform auszubilden.

Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, wenigstens zwei, vorzugsweise mehrere Elektrodenpaare 5, 6 an unterschiedlichen Stellen anzubringen, wodurch eine orts aufgelöste Ermittlung der Beladung im Partikelfilter 1 ermöglicht wird. Die von der Impedanzmessung erfassten Volumenteilbereiche können sich dabei überlappen oder voneinander getrennt sein. Auf diese Weise kann die Beladung des Partikelfilters 1 lokal ermittelt werden. Je nach Größe des Partikelfilters 1 und nach der angestrebten Ortsauflösung können drei, vier, oder mehr Messanordnungen, vorzugsweise in Abgasströmungsrichtung versetzt angeordnet sein. Da insbesondere der ausströmseitige Endbereich des Partikelfilters 1 verstopfungsanfällig ist, ist es bei mehreren erfassten Volumenteilbereichen vorteilhaft, diese in Strömungsrichtung des Abgases zunehmend dichter anzuordnen, was die Genauigkeit der Beladungsermittlung verbessert.

In Fig. 3 ist eine auf eine Ebene abgewickelte Elektrodenanordnung von zwei Elektrodenpaaren 5, 6 und 5', 6' schematisch dargestellt. Vorzugsweise sind die Elektroden 5, 6 und 5', 6' als Schicht auf einem dünnen und biegsamen Träger 10 aufgebracht, der anliegend an den Partikelfilter 1 oder an die Montagematte 4 montiert wird. Auf dem Träger 10 sind Zuleitungen 9 zu den Elektroden 5, 6 und 5', 6' aufgebracht, welche zu Anschlusskontakten 11 führen, die vorzugsweise an einem Endbereich des Trägers 10 angeordnet sind. Mittels eines nicht dargestellten Steck- oder Klemmkontakts ist so auf einfache Weise eine Verbindung mit dem in Fig. 3 nicht dargestellten Generator 8 ermöglicht. Diese Anordnung hat zusätzlich den Vorteil, dass für die Verbindung mit dem Generator 8 nur eine einzige Durchkontaktierung des den Partikelfilter 1 umschließenden Gehäuses realisiert werden muss.

Vorteilhaft ist es, die Elektroden 5, 6 und 5', 6' in Bezug auf ihre Mittellängsachse in einem Abstand a auf dem Träger 10 anzuordnen, welcher etwa dem halben Umfang des Partikelfilters 1 entspricht. Auf diese Weise sind die Elektroden 5, 6 und 5', 6' im montierten Zustand des Trägers 10 etwa diametral gegenüberliegend angeordnet. Ferner ist es vorteilhaft, die Elektroden 5, 6 und 5', 6' versetzt in Querrichtung bzw. in Längsrichtung des Trägers 10 auf diesem anzuordnen.

Auf diese Weise werden Rußansammlungen orts aufgelöst erfasst und es kann eine Regeneration des Partikelfilters 1 eingeleitet werden, wenn die Rußbeladung in wenigstens einem der erfassten Volumenteilebereiche einen vorgebbaren Grenzwert überschreitet. Dadurch wird vermieden, dass der Partikelfilter 1 lokal über ein zulässiges Mindestmaß hinaus mit Ruß beladen wird und dadurch bei einer Regeneration durch Rußabbrand durch übermäßige Wärmefreisetzung an dieser Stelle zerstört wird. Es versteht sich, dass eine Regeneration auch ausgelöst wird, wenn festgestellt wird, dass die integrale Gesamtbeladung des Partikelfilters 1 einen vorgebbaren Schwellenwert überschreitet. Ferner ist es vorteilhaft, den die Regeneration auslösenden Grenzwert gegebenenfalls anzupassen, um beispielsweise auf sich ändernde Regenerationsbedingungen zu reagieren. Auf diese Weise wird ein unzulässiges Ansteigen des durch die Partikelfilterbeladung verursachten Gegendrucks vermieden. Durch das bedarfsgerechte, an die tatsächliche Rußbeladung angepasste Auslösen der Partikelfilterregeneration wird die Anzahl der Regenerationen auf ein Mindestmaß beschränkt und damit auch die thermische Belastung des Partikelfilters 1 und gegebenenfalls vorhandener weiterer Abgasreinigungseinheiten gering gehalten.

Die für die Auslösung einer Regeneration maßgebenden Grenzwerte für die lokale Beladung bzw. die integrale Beladung werden zweckmäßigerweise in einem Steuergerät hinterlegt. Vorzugsweise wird von diesem Steuergerät der Betrieb des

Dieselmotors gesteuert und für eine Regeneration des Partikelfilters 1 umgestellt. Hierfür geeignete Betriebsweisen sind dem Fachmann geläufig und bedürfen daher hier keiner weiteren Erläuterung.

Vorteilhaft ist es, wenn die Regenerationszeit des Partikelfilters 1 in Abhängigkeit von der vor der Auslösung der Regeneration festgestellten lokalen und/oder integralen Beladung z.B. durch eine kennfeldbasierte Regenerationszeitvorgabe festgelegt wird. In diesem Zusammenhang ist es vorteilhaft, die Temperatur im Partikelfilter 1 zu erfassen und die Regenerationszeit in Abhängigkeit von vorab gespeicherten Rußabbrandgeschwindigkeiten für die jeweilige Temperatur festzulegen. Der Erfolg der Regeneration wird zweckmäßig nach Abschluss der Regeneration durch eine erneute Ermittlung der Beladung überprüft. Die Regenerationszeitvorgabe kann entsprechend korrigiert werden, indem ein Vergleich zwischen der festgestellten Beladung vor und nach der Regeneration ausgewertet wird. Auf diese Weise wird vermieden, dass der für die Regeneration erforderliche Betriebszustand länger als notwendig aufrechterhalten bleibt; der Energieaufwand bzw. Kraftstoffmehrverbrauch für die Regeneration wird dadurch klein gehalten. Für eine zuverlässige Festlegung der Regenerationsdauer ist es dabei zweckmäßig, eine Mittelung aus den entsprechenden Werten vor und nach mehreren Regenerationen vorzunehmen.

Besonders vorteilhaft ist es, die Beladung des Partikelfilters auch während der Regeneration zu überwachen. Der Regenerationsbetrieb wird dann vorzugsweise solange aufrechterhalten, bis die Beladung in jedem der von entsprechenden Elektrodenpaaren erfassten Volumenteilbereiche einen vorgebbaren unteren Grenzwert unterschritten hat. Auf diese Weise werden unvollständige Partikelfilterregenerationen vermieden und die Aufnahmekapazität des Partikelfilters 1 für den nachfolgenden Normalbetrieb des Dieselmotors wird maximiert.

Die Ermittlung der Partikelfilterbeladung in zwei oder mehreren Volumenteilbereichen des Partikelfilters 1 wird vorteilhafterweise auch zur Differenzierung zwischen einem Rußbeladungsanteil und einem Aschebeladungsanteil genutzt. Hierzu wird ausgenutzt, dass sich das Messsignal eines jeweiligen Elektrodenpaares additiv aus einem durch die Rußbeladung und einem durch die Aschebeladung verursachten Anteil zusammensetzt und die Aschebeladung kontinuierlich anwächst. Obschon der Beitrag der Aschebeladung am gesamten Messsignal gering ist, kann der Aschebeladungsanteil gegebenenfalls ermittelt werden, wenn der zeitliche Verlauf des Messsignals erfasst wird und ein im Verlauf der Einsatzdauer des Partikelfilters stetig anwachsender Signalanteil ermittelt und berücksichtigt wird. Vorteilhaft ist in diesem Zusammenhang auch eine Variation der Messfrequenz.

Insbesondere bei einem sehr geringen Anteil der Aschebeladung am Messsignal ist es vorteilhaft, die Aschebeladung indirekt zu ermitteln, indem das Messsignal hinsichtlich seines zeitlichen und örtlichen Verlaufs ausgewertet wird. Insbesondere ist es möglich, auf Grund des gegebenenfalls unterschiedlichen Verlauf des Messsignals festzustellen, inwieweit ein Teil des Partikelfilters 1 stärker verrußt als ein anderer, bzw. ob auf Grund einer sehr starken Ascheablagerung in einem Volumenteilbereich nur noch eine geringe oder keine Verrußung mehr stattfindet.

Da mit steigender Aschebeladung die Aufnahmekapazität für Rußpartikel absinkt, ist es vorteilhaft die Regenerationsdauer und/oder die Zeitintervalle zwischen zwei Regenerationen in Abhängigkeit von der ermittelten Aschebeladung anzupassen bzw. festzulegen.

Speziell kann eine totale Verstopfung durch Ascheablagerung festgestellt werden, wenn in einem der erfassten Volumenteilbereiche des Partikelfilters 1 eine Akkumulation von Ruß nicht mehr stattfindet, also ein zumindest annähernd stabiles

Messsignal vorliegt. Insbesondere bei der Erfassung der Beladung in einer Mehrzahl von Bereichen des Partikelfilters 1 kann somit ein Ascheverfüllgrad in bezug auf das Gesamtvolumen des Partikelfilters ermittelt werden. Somit kann ein Unbrauchbarwerden des Partikelfilters 1 infolge einer überhöhten Aschebeladung rechtzeitig festgestellt werden und eine dementsprechende Warnmeldung ausgegeben werden. Vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang, eine vorausschauende Berechnung über den weiteren Verlauf der Ascheablagerung vorzunehmen und eine Warnmeldung auszugeben, wenn eine vorgebbare verbleibende Restlaufzeit bis zum Unbrauchbarwerden des Partikelfilters 1 unterschritten wird.

Im Falle eines Wall-Flow-Filters kann ein Unbrauchbarwerden auch infolge eines Stopfendurchbruchs auftreten. Damit ist in dem betreffenden Bereich keine Filterwirkung mehr vorhanden. Dieser Schadensfall kann daher erkannt werden, wenn über eine vorgebbare Zeitdauer kein nennenswerter Anstieg der Beladung in einem jeweiligen Bereich mehr erfolgt. Es ist vorgesehen, auch für diesen Schadensfall eine Fehlermeldung auszugeben.

Eine weitere Verbesserung der Zuverlässigkeit bei der Ermittlung des Beladungszustands und beim Betrieb des Partikelfilters wird erreicht, wenn zusätzlich zur erfindungsgemäßen Messanordnung ein Drucksensor bzw. Differenzdrucksensor zur Erfassung des Staudrucks stromauf des Partikelfilters eingesetzt wird. Auf der Basis des entsprechenden Drucksignals wird ebenfalls die Beladung des Partikelfilters charakterisiert. Hierfür können dem Fachmann geläufige Drucksensoren und Signalauswerteverfahren eingesetzt werden, weshalb auf weitere Ausführungen hierzu verzichtet werden kann.

Durch den Drucksensor kann die Zuverlässigkeit und Effizienz des Partikelfilterbetriebs weiter verbessert werden. Vorteilhaft ist es hierfür beispielsweise, die mittels der Impedanzmessanordnung ermittelte Partikelfilterbeladung einer

Überprüfung, Plausibilitätskontrolle oder Korrektur anhand des Drucksignals zu unterziehen. Vorteilhaft ist es etwa, durch eine Wechselbeziehung in der Art einer Kreuzkorrelation die aus den Messsignalen der Impedanzmessanordnung erhaltenen Werte für die Rußbeladung oder die für den Ablauf der Partikelfilterregeneration maßgebenden Beladungsgrenzwerte gegebenenfalls mit den Drucksignalwerten abzugleichen oder zu korrigieren. Anhand des zusätzlichen Drucksensors ist es ferner möglich, eine Diagnose der Impedanzmessanordnung durchzuführen um Störungen oder Defekte festzustellen und gegebenenfalls anzuzeigen.

DaimlerChrysler AG

Boegner

05.02.2004

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Ermittlung des Beladungszustands eines als Formkörper ausgebildeten Partikelfilters (1) zur Reinigung von Brennkraftmaschinenabgas mit einer Messanordnung, umfassend ein Elektrodenpaar mit einer ersten Elektrode (5) und einer zweiten Elektrode (6), wobei zwischen der ersten Elektrode (5) und der zweiten Elektrode (6) ein Teilvolumenbereich des Partikelfilters (1) angeordnet ist und von der Messanordnung die zwischen der ersten Elektrode (5) und der zweiten Elektrode (6) wirksame elektrische Impedanz oder eine damit verknüpfte elektrische Kenngröße erfassbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Elektrode (5) und die zweite Elektrode (6) flächig ausgebildet sind und als Platten eines Plattenkondensators einander gegenüberliegend angeordnet sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Elektrode (5) und/oder die zweite Elektrode (6) auf der äußeren Oberfläche des Partikelfilters (1) oder mit geringem Abstand zur äußeren Oberfläche des Partikelfilters (1) angeordnet sind,
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,

dass die Messanordnung wenigstens zwei Elektrodenpaare umfasst.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass das erste Elektrodenpaar in Abgasströmung versetzt
zum zweiten Elektrodenpaar angeordnet ist.
6. Verfahren zur Ermittlung des Beladungszustands eines als
Formkörper ausgebildeten Partikelfilters (1) zur Reini-
gung von Brennkraftmaschinenabgas, bei welchem beim
Betrieb der Brennkraftmaschine eine Beladung des
Partikelfilters (1) mit Ruß und/oder Asche erfolgt und
von Zeit zu Zeit eine Regeneration des Partikelfilters
(1) durch Abbrennen des auf dem Partikelfilter (1)
angesammelten Rußes ausgelöst wird, wobei dem Partikel-
filter (1) eine Messanordnung zugeordnet ist, welche eine
erste Elektrode (5) und eine zweite Elektrode (6)
umfasst,
dadurch gekennzeichnet,
dass von der Messanordnung die zwischen der ersten
Elektrode (5) und der zweiten Elektrode (6) wirksame
elektrische Impedanz oder eine damit verknüpfte
elektrische Kenngröße erfasst wird und aus der Impedanz
oder der Kenngröße eine Rußbeladung des Partikelfilters
(1) ermittelt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die erste Elektrode (5) und/oder die zweite
Elektrode (6) auf der äußeren Oberfläche des
Partikelfilters (1) oder mit geringem Abstand zur äußeren
Oberfläche des Partikelfilters (1) angeordnet sind und
die elektrische Kapazität der aus erster Elektrode (5),
zweiter Elektrode (6) und zwischen den Elektroden (5, 6)
angeordneten Partikelfiltervolumenbereich gebildeten
Anordnung ermittelt wird und aus der elektrischen

Kapazität die Rußbeladung des Partikelfilters (1) ermittelt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Regeneration ausgelöst wird, wenn die ermittelte Rußbeladung einen vorgebbaren oberen Grenzwert überschritten hat.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Dauer der Regeneration an die vor der Regeneration ermittelte Rußbeladung angepasst wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Rußbeladung des Partikelfilters (1) nach erfolgter Regeneration ermittelt und mit einem vorgebbaren Sollwert verglichen wird und die Dauer einer nachfolgenden Regeneration in Abhängigkeit vom Ergebnis des Vergleichs festgelegt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Rußbeladung des Partikelfilters (1) während der Regeneration des Partikelfilters (1) ermittelt wird und die Regeneration beendet wird, wenn die Rußbeladung einen vorgebbaren unteren Grenzwert unterschreitet.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Abgasdruck stromauf des Partikelfilters (1) erfasst wird und aus dem erfassten Abgasdruck eine mit der Beladung des Partikelfilters (1) korrelierende Größe ermittelt und zur Korrektur oder Überprüfung der von der Messanordnung ermittelten Rußbeladung herangezogen wird.

DaimlerChrysler AG

Boegner

05.02.2004

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Ermittlung des Beladungszustands eines als Formkörper ausgebildeten Partikelfilters (1) zur Reinigung von Brennkraftmaschinenabgas mit einer Messanordnung, umfassend ein Elektrodenpaar mit einer ersten Elektrode (5) und einer zweiten Elektrode (6).

Erfindungsgemäß ist zwischen der ersten Elektrode (5) und der zweiten Elektrode (6) ein Teilvolumenbereich angeordnet, und von der Messanordnung ist die zwischen der ersten Elektrode (5) und der zweiten Elektrode (6) wirksame elektrische Impedanz oder eine damit verknüpfte Kenngröße erfassbar.

Für das Verfahren ist vorgesehen, dass die zwischen der ersten Elektrode (5) und der zweiten Elektrode (6) wirksame elektrische Impedanz oder eine damit verknüpfte Kenngröße erfasst wird und aus der Impedanz oder der Kenngröße eine Rußbeladung des Partikelfilters (1) ermittelt wird.

Fig.1.

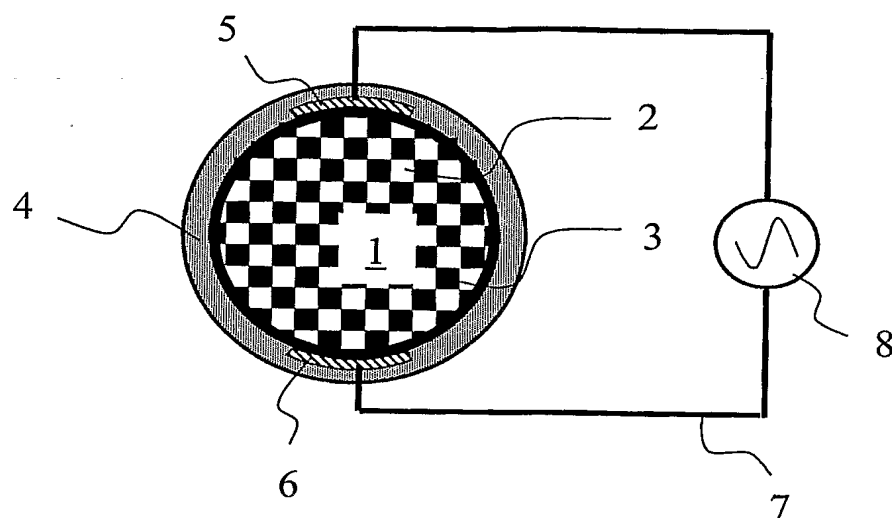


Fig. 1

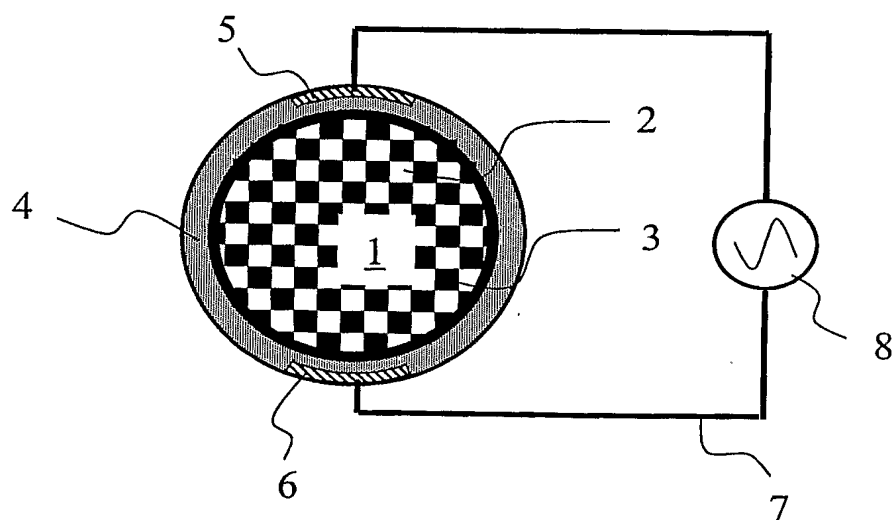


Fig. 2

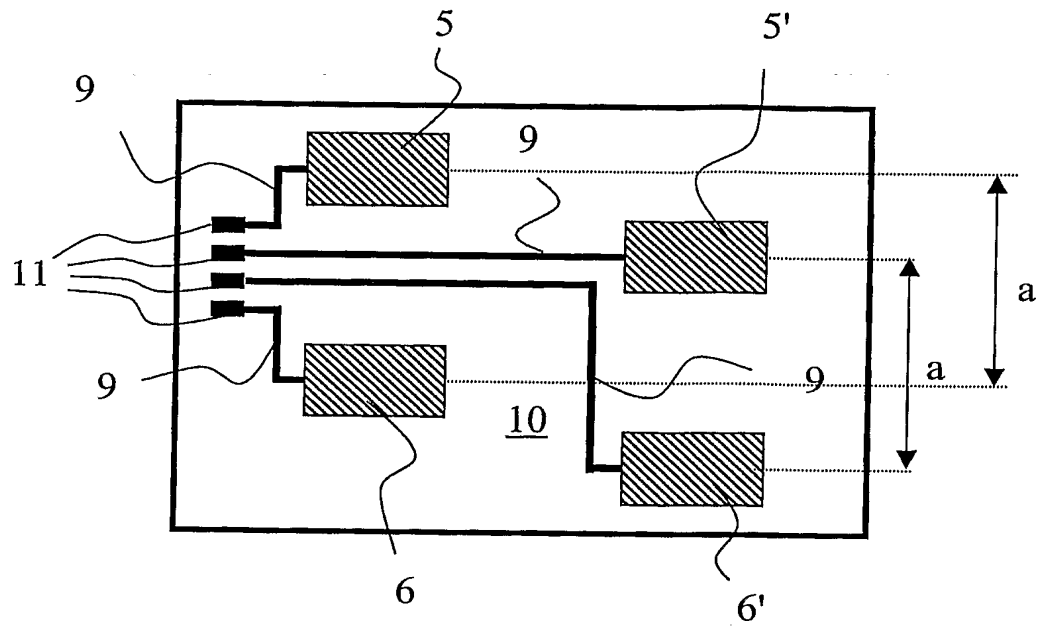


Fig. 3